

神戸大学工学部	フェロー	川谷 充郎	神戸大学大学院	学生員	何 興文
東海旅客鉄道(株)	正 員	吉田 幸司	神戸大学大学院	学生員	○山口 将
(株)日建設シビル	正 員	西山 誠治			

1. まえがき 高速鉄道における列車通過時の高架橋振動による沿線地盤振動のメカニズムを解明するため、著者らはこれまでの研究において、高架橋と列車との連成振動解析ならびに、同解析から得られる地盤反力を加振力とする地盤振動解析を行う手法を提案している¹⁾。本研究では、地盤振動の測定から構造物の損傷を検出することができれば維持管理上大変有用であると考え²⁾、実際に生じる高架橋の損傷をモデル化し、一連の解析手法を活用して、列車通過時の振動特性がどの程度変化するかを検討を行う。

2. 連成振動解析 鉄筋コンクリートラーメン高架橋3ブロックを有限要素で、また16両編成の各車両をばね下も考慮する15自由度振動系にモデル化する。**Fig.1**に橋梁モデルを、**Fig.2**に車両モデルを示す。これらの連成振動の微分方程式をモード法により定式化し、Newmark- β 法を用いて逐次積分を行い、構造物の動的応答を求める。なお、列車の走行速度は270km/hとする。

3. 地盤振動解析 連成振動解析から得られる高架橋の各柱(24柱)地盤反力全てを加振力として、フーチングおよび群杭からなる下部構造物に入力し、地盤振動解析を行う。解析には汎用プログラムSASSI 2000³⁾を用いる。解析における着目点は、**Fig.1**に示す柱下端L-3直下、高架橋の中心から12.5m、25.0mの3点とする。なお、解析において考慮する最大振動数は、外力の卓越振動数成分、地盤の減衰などを考慮して、25Hzまでとする。

4. 橋梁部材損傷 高架橋の部材損傷を、部材の曲げ剛性(EI)、ねじり剛性(GK)を一様に低下させることで表現する。ここで、剛性70%は概ね曲げひび割れが帯鉄筋位置付近までの状態、剛性40%はひび割れが軸方向鉄筋位置までの状態を想定している。

5. 解析結果 梁部材の剛性を40%に低下させた場合の地盤の鉛直方向の加速度波形、フーリエスペクトルを**Fig.3**に示す。また、柱部材の剛性を40%に低下させた場合の地盤の水平方向の加速度波形、フーリエスペクトル**Fig.4**に示す。また、**Fig.3**、**Fig.4**に示した加速度応答のrms値、最大値を**Table 1**に示す。梁部材の剛性を低下させたケースでは、鉛直方向の加速度応答に顕著な変化が見られ、約1.2倍~2倍程度の増加となった。また、周波数領域では卓越する8Hz付近での増幅傾向が顕著となった。次に、柱部材の剛性を低下させたケースでは、水平方向の加速度応答に多少の変化が見られ、剛性40%では数%~10%程度の低下傾向となった。また、周波数領域においては、顕著な変化は見られなかった。

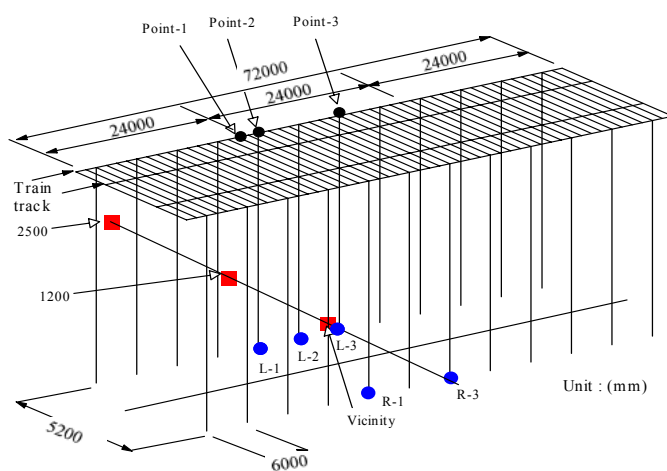


Fig.1 Bridge model and measurement points

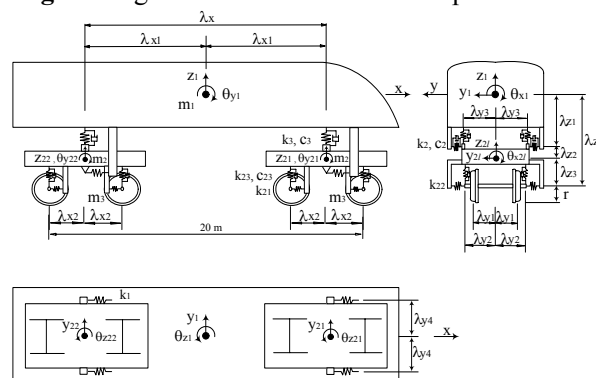


Fig.2 15DOF-train model

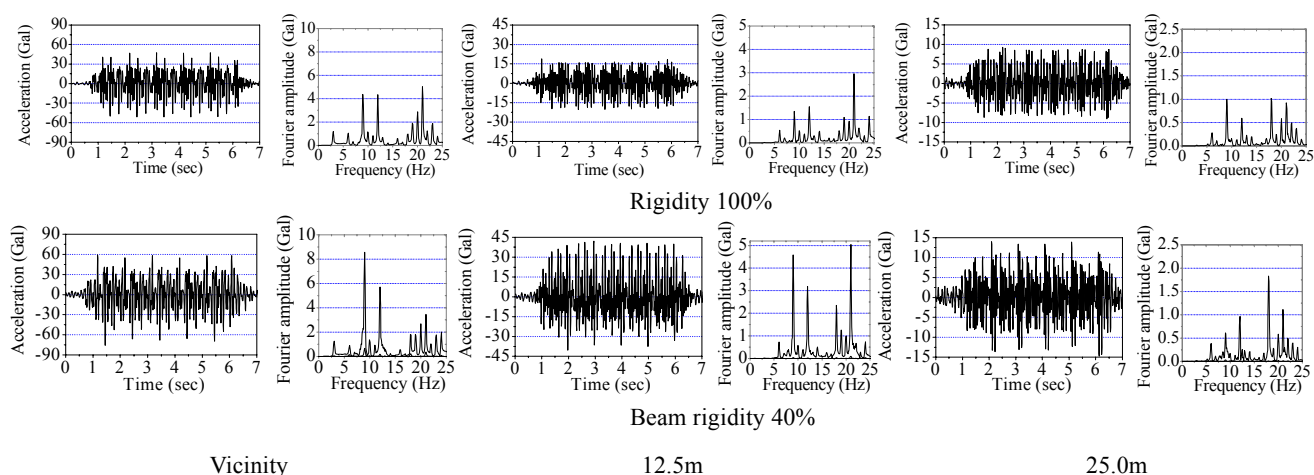


Fig.3 Site vibration in vertical direction

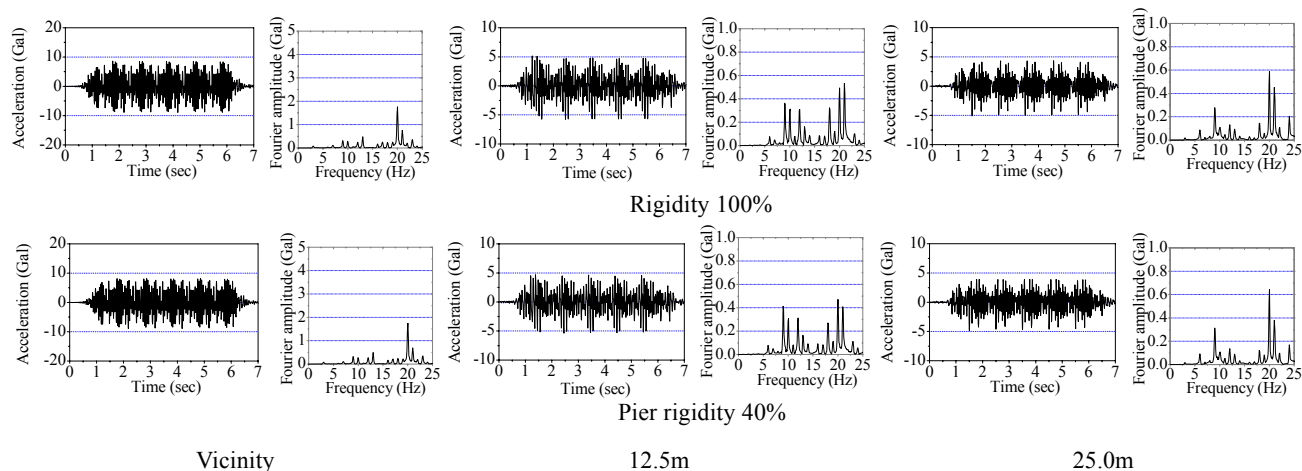


Fig.4 Site vibration in horizontal direction

Table 1 rms value and maximum acceleration of bridge

	剛性	rms(Gal)						maximum(Gal)					
		Vicinity		12.5m		25.0m		Vicinity		12.5m		25.0m	
Z-direction	100%	17.77	-	7.91	-	3.79	-	49.31	-	19.62	-	9.00	-
	梁40%	22.96	1.29	15.10	1.91	4.83	1.27	67.42	1.37	41.14	2.10	13.81	1.53
Y-direction	100%	4.03	-	2.03	-	1.66	-	8.79	-	5.44	-	4.72	-
	柱40%	3.96	0.98	1.90	0.94	1.66	1.00	8.54	0.97	5.01	0.92	4.40	0.93

6. まとめ 高架橋の梁部材剛性の低下に伴い、地盤の加速度応答が大きくなる傾向が確認された。また、ここでは示していないが地盤反力に関しても、剛性低下に伴い応答値が大きくなる傾向が見られ、地盤振動への影響が極めて顕著であることが確認された。鉛直方向地盤振動の大きい箇所においては、梁部材の剛性低下に着目して健全度評価をしていくことが有益である。また、柱部材剛性の低下に伴い、水平方向地盤加速度応答が小さくなる傾向が確認された。これは柱部材の曲げ変形によるサスペンション的な効果により、加速度応答が緩和されるためと考えられる。また、柱部材の剛性低下による地盤振動への影響は、梁部材の場合と比較すると小さく、柱部材の健全度に対しては、衝撃振動試験などによる評価を補完する必要がある。

参考文献

- 1) 川谷充郎・何 興文・関 雅樹・曾布川竜・西山誠治・笹川剛：高速鉄道高架橋の列車走行による周辺地盤振動評価，平成16年度土木学会第59回年次学術講演会講演概要，2004.9.
- 2) 吉田幸司・関 雅樹・曾布川竜・西山誠治・川谷充郎：鉄道高架橋の部材剛性低下による振動特性への影響評価，構造工学論文集，Vol. 51A，pp447-458，2005.3
- 3) John Lysmer, Farhang Ostadan and Chih Cheng Chin: *SASSI 2000 Theoretical Manual-A System for Analysis of Soil-Structure Interaction*, Academic Version, University of California, Berkeley, 1999. 11.